

OPTICAL COUPLER

Patent Number: JP63172107
Publication date: 1988-07-15
Inventor(s): KITAJIMA HIROSHI; others: 01
Applicant(s):: OMRON TATEISI ELECTRONICS CO
Requested Patent: ☐ JP63172107
Application Number: JP19870003344 19870112
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B6/42
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To facilitate the position adjustment by providing a first optical system which converts the light emitted from a light source to a slowly converging light beam and a second optical system which is fixed to the end face of optical parts to be optically coupled and approximately condenses the light beam from the first optical system on the end face of optical parts.

CONSTITUTION: The diverging light emitted from a semiconductor laser LD is converted to the slowly converging light beam by a first lens system (group) L1 and is condensed on the end face of an optical fiber 1 by a GRIN lens (a second optical system) L2 fixed to the incidence end face of the optical fiber 1 by adhesion and is made incident on this end face. There is enough space to arranged optical parts 10 between the first lens L1 and the second lens L2. A displacement extent $\Delta x'$ of the beam spot on the end face of the optical fiber 1 is expressed with $\Delta x' = \beta \Delta x$ where Δx is the displacement extent of the light beam, and the displacement extent of the beam spot is β -number of times as large as that of the light beam. Thus, position adjustment is very facilitated when the position of the light beam spot on the end face of the optical fiber 1 is adjusted by 1mm.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-172107

⑪ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)7月15日

G 02 B 6/42
// G 02 B 6/32

7529-2H
7529-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光結合装置

⑮ 特 願 昭62-3344

⑯ 出 願 昭62(1987)1月12日

⑰ 発 明 者 北 島 博 史 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 立石電機株式会社
内

⑱ 発 明 者 高 木 潤 一 京都府京都市右京区花園土堂町10番地 立石電機株式会社
内

⑲ 出 願 人 立石電機株式会社 京都府京都市右京区花園土堂町10番地

⑳ 代 理 人 弁理士 牛久 健司 外1名

明 細 書 (3)

1. 発明の名称

光結合装置

2. 特許請求の範囲

(1) 光源からの発散する光をゆるやかに収束する光ビームに変換する第1の光学系、および

光結合させるべき光学部品の端面に対して固定され、上記第1の光学系からの光ビームを上記光学部品端面でほぼ集光する第2の光学系、

を備えた光結合装置。

(2) 上記光学部品が光ファイバであって、上記第2の光学系が光ファイバの一端面に対して固定されている、特許請求の範囲第(1)項記載の光結合装置。

3. 発明の詳細な説明

発明の要約

光源がレーザ・ダイオード(LD)、この光源からの光が入射する光学部品が光ファイバである場合について一例を述べると、LD出射光を第1

のレンズでゆるやかに収束する光ビームに変換し、光ファイバに対して固定された0.23ピッチ程度の第2のGRIN(分布屈折率)レンズで光ファイバ端面に集光入射させる。結合効率が高く、位置ずれ許容量が大きい。レンズ間隔を大きくとれるのでレンズ間に他の光学部品を挿入することが可能となる。

発明の背景

技術分野

この発明は、光源からの光ビームを光学部品の所定位置に入射させるための光結合装置に関し、とくに半導体レーザ(レーザ・ダイオード:LD)の出射光を光ファイバに入射させる光結合装置に関する。

従来技術とその問題点

半導体レーザの出射光を光ファイバに入射させるための従来技術としては第4図から第6図に示すものがある。

第4図に示すものは半導体レーザLDと光ファイバ1とを直接に結合したビッグ・テール形のも

のである。

第5図および第6図は半導体レーザ・パッケージにボール・レンズが内蔵されたものを利用するものである。第5図においては、半導体レーザLDの出射光がボール・レンズ2によって集光され光ファイバ1の端面に入射する。第6図に示すものは、半導体レーザLDの出射光をボール・レンズ2によってまずコリメートし、このコリメート光を分布屈折率型(GRIN)レンズ3によって集光して光ファイバ1の端面に入射させるものである。このように半導体レーザ・チップの真近にボール・レンズを置くためには半導体レーザ・パッケージに特殊な加工を施す必要がある。

他方、半導体レーザおよび光ファイバを光学的計測装置の一部として使用するとともに、半導体レーザと光ファイバとの間に光アイソレータ、ビーム・スプリッタ、回光鏡、増長鏡などの光学部品を挿入することが多い。第4図および第5図に示す光結合装置はこのような用途には全く使えない。第6図に示す構造のものにおいてもボール

る。

上述の位置調整は次のようにして行なわれる。半導体レーザLDとレンズ5とを固定しておく。そうして、レンズ6と光ファイバ1の同方を独立に動かして集光された光ビームが光ファイバ1の端面に正確に入射するようにしなければならぬ。レンズ6を光軸に垂直な面内で動かすと集光された光ビーム・スポットも同じだけ移動する。したがって、上述した±1度の精度でレンズ6と光ファイバ1との同方の位置調整をしなければならぬ。位置調整が非常に困難であることが窺われる。

発明の概要

発明の目的

この発明は、光学部品を配置できる程度に光口と光ファイバ(光学部品)との間隔を大きくとることができるとともに、位置調整の容易な光結合装置を提供することを目的とする。

発明の構成、作用および効果

この発明による光結合装置は、光源からの発

・レンズ2とGRINレンズ3との間の間隔は通常数mm程度であるから不充分である。

このような用途のためには、ボール・レンズを内蔵しない半導体レーザが用いられ、第7図に示すような光学系が組立てられる。この図において、半導体レーザLDの出射光はレンズ5によって直径3mm程度の平行光ビームに変換され、上述のような光学部品10を通してレンズ6に達し、このレンズ6によって集光されて光ファイバ1に入射する。

このような光学系において、光ファイバ1として単一(シングル)モード光ファイバを使用したとすると、単一モード光ファイバのビーム・スポット径(直径約8μm)で決まる位置精度でレンズ6および光ファイバ1の位置調整を行なう必要がある。この位置精度は光軸に垂直な面内で±1mm程度となる。したがって、レンズ6および光ファイバ1の位置調整は極めて難しく、温度変化や経年変化でレンズ6や光ファイバ1の位置ずれが生じ光結合効率が低下するという問題もある。

する光をゆるやかに収束する光ビームに変換する第1の光学系、および光結合させるべき光ファイバ(光学部品)の端面に対して固定され、上記第1の光学系からの光ビームを上記光ファイバ(光学部品)の端面でほぼ集光する第2の光学系を備えていることを特徴とする。

この発明によると、光源からの出射光は第1の光学系によってゆるやかに収束する光ビームに変換されているので、第1の光学系と第2の光学系との間の間隔を大きく(たとえば数10mm程度またはそれ以上)とすることが可能であり、したがってこの間に必要に応じて光ビーム・スプリッタ、回光鏡、増長鏡、光アイソレータ等の光学部品を配置することができる。第2の光学系は光ファイバ(光学部品)に固定されている。したがって、第2の光学系と光ファイバ(光学部品)とを一體に動かすことが可能である。またゆるやかに収束する光ビームが第2の光学系によって集光されているので、第2の光学系および光ファイバ(光学部品)とゆるやかに収束する光ビームとの間の

相対的な位置は、その焦点面上では縮小されて現われる。これによって、第2の光学系および光ファイバ（光学部品）の位置関係が自明で容易となる。また、広い位置範囲および長期間にわたる安定な光結合が達成される。さらに、ボール・レンズを内蔵しない通常の半導体レーザーを光源として採用することも可能となる。

実施例の説明

第1図はこの発明の実施例を示している。

半導体レーザーLDから出射した拡散する光は第1のレンズ系（群） L_1 によってゆるやかに収束する光ビームに変換され、光ファイバ1の入射端面に射して接合固定されたGRINレンズ（第2の光学系） L_2 によって光ファイバ1の端面に集光され、入射する。第1のレンズ L_1 と第2のレンズ L_2 との間には光学部品10を配置できる充分なスペースがとられている。

具体的な構成例として、第1のレンズ系（群） L_1 には非球面凸レンズ、球面凸面を合わせレンズなどが適用できる。第2のレンズ系（群） L_2

は、光ファイバ1と固定する必要があるのでGRINレンズが便利であるが他のレンズも使用可能である。

第1図に示す光学系のパラメータ関係を第2図を参照して説明する。距離と角度の符号は通常の幾何光学の規則に従うものとする。また、レンズ系 L_1 、 L_2 の焦点距離をそれぞれ f_1 、 f_2 とする。

第2図は、半導体レーザーLDから光軸となす角度 u_1 （ $u_1 < 0$ ）で出射した光ビームが光ファイバ1の端面位置で光軸と角度 u_2' （ $u_2' > 0$ ）で変わるまでの光路を示している。角度 u_2 はレンズ系 L_2 がない場合に光ビームが光軸と交わる角度である。

ここで $\alpha = -u_2 / u_1$ 、 $\beta = u_2' / u_2'$ と置くと、半導体レーザーLD、レンズ系 L_1 、 L_2 、光ファイバ1の端面の位置関係は次のようになる。

第1レンズ系 L_1 から半導体レーザーLDまでの距離

$$o_1 = -f_1 (1 + \alpha) \quad \dots (1)$$

第2のレンズ系 L_2 から光ファイバ1の端面までの距離

$$o_2' = f_2 (1 - \beta) \quad \dots (2)$$

第1のレンズ系 L_1 から第2のレンズ系 L_2 までの距離

$$d_1 = f_1 [(1/\alpha) + 1] - f_2 [(1/\beta) - 1] \quad \dots (3)$$

α と β の関係は上記の式から、

$$\alpha = -(u_2' / u_1) \beta \quad \dots (4)$$

である。 β の値は概ね0.1から0.3である。

角度 u_1 を半導体レーザーLD出射光の広がり角（光強度が光軸上の光強度の $1/\alpha^2$ になる角度）、角度 u_2' を光ファイバへの最大入射角（最大入射光率の得られるガウシアン・ビームの収束角）をとると、この光学系は半導体レーザーLDと光ファイバ1を最大効率で結合させることができる。

一般に半導体レーザーの出射光の広がり角は活性層に対して垂直方向と平行方向とで異なる。角度 u_1 としては垂直方向広がり角と平行方向広がり

角の平均値をとるのが適当と考えられるが、最大入射光率を追求するときは実質的に広がり角としてとるべき最適値を決定する必要がある。また、第1のレンズ系 L_1 の開口径が小さく、半導体レーザーLDの出射光の一部しかレンズ系 L_1 に入射しないとすれば、レンズ系 L_1 の有効開口径で決まる角度を u_1 とすることが好ましい。

上記光学系における各光学パラメータの値例を示す。たとえば、

$$f_1 = 0.5 \text{ mm}$$

$$f_2 = 1.0 \text{ mm}$$

$$u_1 = -17^\circ$$

$$u_2' = 5^\circ$$

とする。

第2のレンズ系 L_2 として0.23ピッチのGRINレンズ（0.25ピッチのGRINレンズが平行光を収束する）を使うと β の値は概ね0.13になるから上記の第(1)式～第(4)式を用いかつ上記の値を代入すると次の値を得る。

$$\beta = 0.13$$

$$\alpha = 0.0382$$

$$s_1 = -4.6700$$

$$s_2' = 1.0500$$

$$d_1 = 10000$$

ここでレンズ間距離 d_1 が約 10000 と大きくとれることに注目すべきである。この程度のレンズ間距離があれば光アイソレータやビーム・スプリッタなどの光学部品10を十分に挿入できるので光計測等の用途にも適用することが可能となる。

光学部品10を挿入したときは、この光学部品10の屈折率による光路変化の分だけ距離 d_1 を修正する必要がある。

上記の光学系が光ファイバ1の位置ずれ許容量を拡大できることを次に説明する。第2のレンズ系 L_2 と光ファイバ1は厳密に固定されているから、両者間に位置ずれは生じないので、問題とすべきものはレンズ系 L_2 とゆるやかに傾斜する光ビームとの相対位置ずれである。

第3図は、光ビームがレンズ系 L_2 に対して光軸に垂直な方向に平行に変位した様子を示してい

る。変位前の光ビームを直線で、変位後の光ビームを点線でそれぞれ示す。光ビームに対してレンズ系 L_2 が変位したと与えても同じである。

光ビームの変位量 Δx に対して光ファイバ1の端面におけるビーム・スポットの変位量 $\Delta x'$ は
$$\Delta x' = [(f_2 - \alpha_2') / f_2] \Delta x = \beta \Delta x \dots (5)$$
 と表わされ、変位量が β 倍小さくなることがわかる。このことは、レンズ系 L_1 と光ファイバ1とが相対的に変位した場合にもあてはまる。

したがって、第7図に示す従来の光学系に比べて、第1図（または第2図）の光学系においては、温度変化、湿度変化などによる位置ずれ許容量が $1/\beta$ 倍に拡大し、回送分解能も $1/\beta$ 倍になる。たとえば第7図の光学系で光ファイバの位置ずれ許容量（回送分解能）を1 μ mとすると第1図の光学系では、 $\beta = 0.1$ にとるとすれば、位置ずれ許容量（回送分解能）は10 μ mとなる。すなわち、光ファイバ1の端面における光ビーム・スポット位置を1 μ m調整するときに、レンズ系 L_2 （および光ファイバ1）を10 μ m動かしてもよいこ

とになる。位置調整が自ずから容易になることが理解できよう。

以上のようにして上記の光学系によれば、広がり角 α_1 の半導体レーザ10の出射光ビームが光ファイバ1の入射端面では光ファイバへの最近傾角 α_2' のビームに変換されるので結合効率が高くなる。

また、光ファイバ1は第2のレンズ系 L_2 の焦点位置よりややレンズ系 L_2 に近い位置に端面がくるようにレンズ系 L_2 に対して固定されているので、位置ずれ許容量が拡大し、温度変化、湿度変化などに対しても結合効率を安定に維持できる。回送分解能が大幅になる。

さらにレンズ系 L_1 と L_2 の間隔を大きくとれるので必要に応じて光学部品10の挿入が可能である。

半導体レーザ・チップ直近にボール・レンズを設けるなどの特殊な加工を要しないので安価な市販の通常パッケージ入り半導体レーザが使用できる、等の効果を得る。

4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の要部図を示す構成図、第2図は各光学パラメータを定量的に説明するための原理説明図、第3図は位置ずれ倍率の説明図である。

第4図から第7図は従来図をそれぞれ示す概略構成図である。

L_D … 半導体レーザ（光源）、

L_1 … 第1のレンズ系（第1の光学系）、

L_2 … 第2のレンズ系（第2の光学系）、

1 … 光ファイバ（光結合すべき光学部品）。

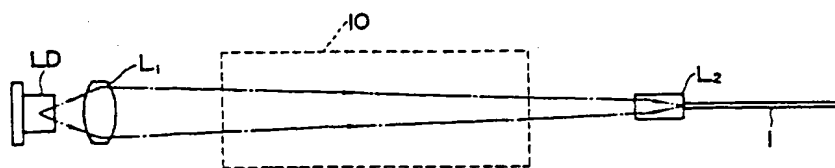
以上

出願人 立石電気株式会社

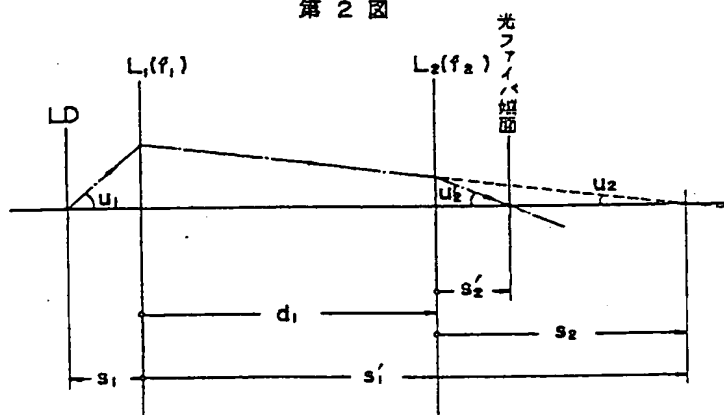
代理人 弁理士 牛久保 同

(外1名)

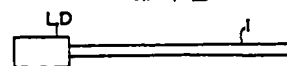
第 1 図



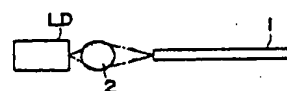
第 2 図



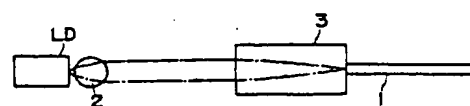
第 4 図



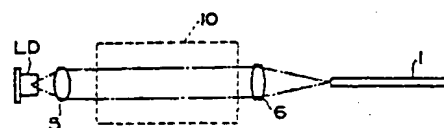
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 3 図

